

массивы точек (рис. 1а), 2) полосовое – одномерные решетки регулярных полос (рис. 1б). Полученные доменные структуры визуализировались на поверхности кристалла методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) (рис. 1а, б), а в объеме – методом конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния (КМКР) (рис. 1в).

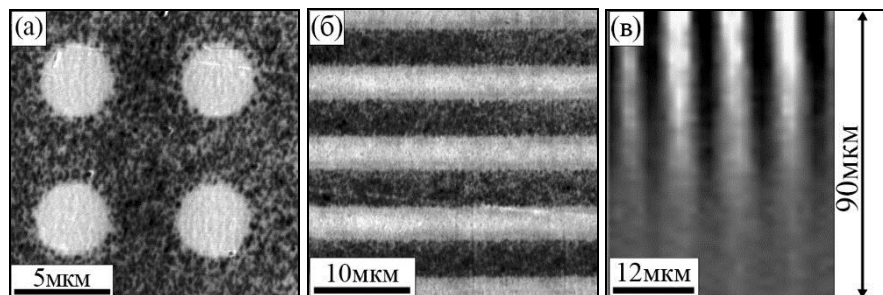


рис. 1. Доменные структуры для разных доз облучения (а) 11 нКл, (б, в) 300 мкКл/см<sup>2</sup>. (а, б) СМПО, (в) КМКР

Перед облучением образцы подвергались термической деполяризации, включающей нагрев выше температуры максимума диэлектрической проницаемости [2] и охлаждение без электрического поля, в результате чего в кристалле формировалась полидоменная структура. В результате точечного облучения формировались изолированные домены круглой формы. Изотропный рост доменов обусловлен слиянием нанодоменов с движущейся доменной стенкой. Было показано, что размер доменов нелинейно растет с увеличением дозы. Нелинейность отнесена за счет электростатического взаимодействия доменных стенок, растущих в двумерном массиве изолированных доменов. Полосовое облучение приводило к формированию регулярных цепей изолированных доменов при дозах ниже 100 мкКл/см<sup>2</sup> и полосовых доменов при более высоких дозах. Ширина доменов линейно увеличивалась с дозой, что было отнесено за счет переключения в постоянном поле, создаваемом инжектированными электронами. Методом КМКР показано, что при максимальной дозе домены достигали глубины около 80 мкм. Полученные данные могут быть использованы для формирования РДС для преобразования частоты лазерного излучения.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (постановление 211, контракт 02.А03.21.0006), РФФИ (грант 16-02-00821 – а) и гранта Президента РФ для молодых ученых (МК-8441.2016.2).

Список публикаций:

- [1] J. J. Romero, C. Arago, J. A. Gonzalo, D. Jaque, J. Garcia Sole, *J. Appl. Phys.* 93, 3111 (2003)
- [2] G.A. Samara, *J. Phys.: Condens. Matter.* 15, R367 (2003).
- [3] J.B. Stark, W.H. Knox, and D.S. Chemla, *Phys. Rev. B* 46, 7919 (1992).

## Влияние температуры на величину термо-ЭДС в кристаллическом полупроводнике (GeSe)<sub>0,7</sub>(CuAsSe<sub>2</sub>)<sub>0,3</sub>

**Щетников Олег Павлович**

*Мирзорахимов Абдулло Алимахмадович*

*Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета*

*Мельникова Нина Владимировна, к.ф.-м.н.*

[futboler2008@yandex.ru](mailto:futboler2008@yandex.ru)

Полупроводниковые многокомпонентные кристаллические и стеклообразные материалы из систем Ag(Cu)-Ge(Sn)-As(Sb)-S(Se) обладают перспективными электрическими, оптическими и термоэлектрическими свойствами [1-4], вследствие чего могут рассматриваться в качестве прогрессивных материалов для микроэлектроники.

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния температуры внешней среды на величину термо-ЭДС и коэффициент Зеебека в кристаллическом (GeSe)<sub>0,7</sub>(CuAsSe<sub>2</sub>)<sub>0,3</sub>, который был получен методом медленного охлаждения из расплава с выдержкой при температуре отжига для обеспечения однородности состава. Материал кристаллизуется в кубической сингонии с параметром элементарной ячейки  $a = 0,554$  нм.

Измерения термо-ЭДС проводились в ячейке ProboStat, входящей в комплекс приборов ModulLab Solartron при контролируемых атмосфере и температурах. Температура внешней среды поддерживалась постоянной в интервале 300 ÷ 400 К при помощи контроллера температуры и печи Elite RS-232. Генерация

объемной термо-ЭДС производилась путём нагрева одного из контактов образца, зажато между двумя электродами. Коэффициент Зеебека оценивался по формуле:

$$\alpha = \frac{\partial U}{\partial T}, \quad (1)$$

где  $U$  – разность потенциалов на контактах исследуемого образца,  $T$  – наведенный градиент температуры.

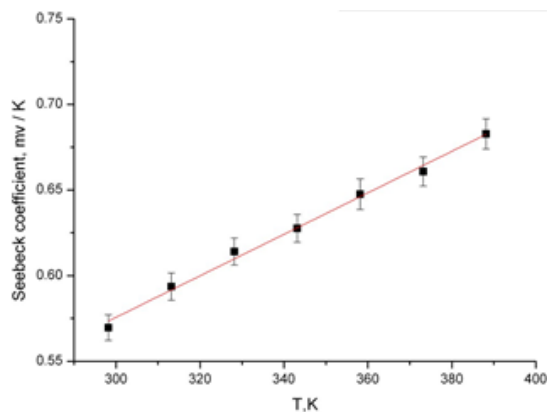


рис. 1. График зависимости величины термо-ЭДС от температуры внешней среды в кристаллическом полупроводнике  $(\text{GeSe})_{0.7}(\text{CuAsSe}_2)_{0.3}$

В результате эксперимента была получена линейно возрастающая зависимость коэффициента Зеебека, величина которого изменялась от 0,57 мВ/К до 0,68 мВ/К в интервале температур 300-400 К (рис. 1). Положительный знак термо-ЭДС указывает на дырочную проводимость в материале, согласно методу определения типа носителей заряда с помощью эффекта Зеебека. Наблюдаемые значения коэффициента Зеебека в исследуемом диапазоне температур характерны для многокомпонентных полупроводников, значительную долю которых составляют германий и селен, в частности аналогичные значения коэффициента Зеебека наблюдали в  $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{Se}$  ( $x=0, 0.2, 0.3$ ) [5]. Полученные результаты позволяют в дальнейшем ожидать интересных термоэлектрических свойств исследуемого соединения.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-02-00857-а.

Список публикаций:

- [1] Мельникова Н.В., Хейфец О.Л. и др., АЭЭ. 49, № 5, С. 56-63 (2007).
- [2] Хейфец О.Л., Кобелев Л.Я. и др., ЖТФ. 77, №1, С. 90-95 (2007).
- [3] Мельникова Н.В., Алибеков А.Г. и др. ФТТ. 53, №12, с. 2352-2355 (2011).
- [4] Chalcogenide glasses, edited by: J-l Adam and X. Zhang. 2014. Woodh. Publ. 704 p.
- [5] Gharsallah, M. et al. Sci. Rep. 6, 26774 (2016).